

УДК 631.4:528.4

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ДИНАМИКИ ЗАСОЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Гасанова З.У.

ФГБУН «Прикаспийский институт биологических ресурсов» Дагестанского научного центра РАН,
Махачкала, e-mail: zgasanova@list.ru

Особенностью почвенного покрова Северо-Западного Прикаспия является наличие легкорастворимых солей в почвенных толщах, динамичных как в профилях, так и в пространстве. Наиболее динамичными свойствами обладают переходные области в почвенном покрове, обусловленные сезонными, годичными, антропогенными изменениями. Дискретный характер традиционных картограмм засоления не дает возможности обозначить эти области, в связи с чем возникает необходимость континуализации исходных картограмм засоления, что больше соответствует непрерывной природе явлений. Сглаженные картограммы соотносимы с полями засоления с экстремумами и градиентами значений. Для идентификации динамичных по засолению почвенных ареалов впервые использован и адаптирован метод скользящей палетки. Последовательное вычитание разновременных сглаженных картограмм засоления дало убедительную картину миграции солей в почвенном покрове. В настоящем исследовании для изучения карт динамики засоления почвенного покрова предлагается способ расчета площади круговой фильтрующей палетки, исходя из диапазона варьирования, и способ определения точки начала для сети контрольных точек с опорой на понятие узлов в почвенном покрове.

Ключевые слова: Северо-Западный Прикаспий, динамика засоления почвенного покрова, переходные области, палетка

APPROACHES TO THE STUDY OF SALINIZATION DYNAMIC OF SOIL COVER' TRANSITIONAL AREAS

Gasanova Z.U.

Federal State-Funded Institution of Science Precaspian Institute of Biological Resources of Dagestan
Scientific Center RAS, Makhachkala, e-mail: zgasanova@list.ru

The peculiarity of the North-West Caspian region soil cover is the presence of soluble salts in the soil strata dynamic in profiles, as well as in space. The most dynamic properties are transitional areas in the soil cover due to seasonal, yearly, anthropogenic influences. The discrete character of traditional cartograms makes emphasizing these areas impossible, and therefore there is a need to transform cartograms with continualization that is more correspond to the continuous nature of the phenomena. Smooth cartogramms look like the fields due to statistic relief with extremes and gradients' meanings. First the adapted method of moving cell was used to identify the dynamic areas of soil salinity. Sequential subtraction of different times' cartograms gives a convincing picture of salts' dynamic in the soil cover. In this paper a method for calculating the area of a circular moving cell is provided and based on the range of variation. The determination of starting point position for a grid was done with reliance on the concept of nodes in the soil cover.

Keywords: the North-West Pricaspiy, dynamic of soil cover salinization, transitional areas, a cell

Климатические изменения в сторону глобального потепления в настоящее время на первое место выводят тему отклика региональных ландшафтов на внешние возмущения среды. Наибольшей отзывчивостью при этом обладают границы ландшафтов или, точнее, переходные области по сравнению с ареалами, ими околтуренными.

Для ландшафтов, обладающих хрупкими экосистемами, такими как Северо-Западный Прикаспий, даже небольшие отклонения гидротермических условий способствуют изменению характеристик его компонентов. В Северо-Западном Прикаспии такой высокой отзывчивостью обладают легкорастворимые соли, мобильные как в профилях почв, так и в пространстве – латерально. В природных условиях латеральная миграция солей в виде разнонаправленных потоков почвенных раство-

ров, обуславливает динамику засоления переходных областей в почвенном покрове.

При определенных условиях динамика солей способствует негативным или, наоборот, позитивным изменениям в почвах вследствие увеличения или уменьшения запасов солей в верхних толщах почв. Могут появиться «мобильные» ареалы почв, кратковременно возникающие при изменении факторов почвообразования [1]. Наиболее динамичными свойствами обладают переходные по засолению области в почвенном покрове, обусловленные сезонными, годичными, антропогенными и прочими изменениями. Дискретный характер традиционных картограмм засоления не дает возможности обозначить эти области, в связи с чем возникает необходимость континуализации исходных разновременных картограмм, что больше соответствует непрерывной природе явлений.

Одним из наиболее употребляемых методов преобразования картографических изображений является сглаживание с помощью фильтрующей ячейки в форме окна, кружка, гексагональной палетки [11], определяющих весовые значения сети контрольных точек. Последующее интерполирование преобразует дискретное пространство в континуальное. Модификацией метода является вычисление значения на основании палеток различных размеров [9], интерпретирование значения пикселя исходя из разрешения изображения [13], использование разрешения глобальной позиционирующей системы для установления расстояния между контрольными точками [10]. После работ В.А. Червякова [7] широкое распространение получил метод скользящего кружка.

Преобразование картограмм засоления почвенного покрова (ПП) с помощью скользящей палетки является одним из способов цифровой почвенной картографии, как альтернативы традиционному почвенному картированию [8], позволяет получить статистические поверхности, предоставляющие дополнительную информацию, при этом обладающие свойствами полей [7], определяемых для засоленных почв как области непрерывного распределения солевых признаков, имеющих количественное выражение и визуально представляющих собой статистический рельеф с экстремумами и градиентами значений. Наличие постоянной сети контрольных точек дает возможность мониторинга динамики засоления ПП через пределы колебаний, идентификации переходных по засолению областей, определения характера переходности границ [2].

Изолинейный метод используется давно, но на сегодняшний день остается дискуссионным определение площади палетки [12], которая, как правило, не увязывается с масштабом карты: площадь палетки определяется эмпирически или исходя из площади наименьшего элементарного почвенного ареала (ЭПА). Точка начала для детальных карт ранее также не рассматривалась.

Эмпирический подход вполне удовлетворителен при изучении природного явления в целом, но не дает гарантии учета всех свойств, допущенных масштабом карты. Последовательное увеличение площади палетки автоматически генерализует карту с получением фоновых (трендовых) поверхностей различных порядков. Точка начала, выбираемая «на глазок», тоже не может быть гарантией достоверности статистического рельефа, т.к. при ее смещении смещаются и все изолинии.

Цель исследования

Определить оптимальную площадь скользящей палетки для заданного масштаба, обосновать точку начала, отразить динамические ареалы в почвенном покрове (ПП), дифференцировать антропогенный прессинг в ПП.

Материалы и методы исследования

Для расчета площади скользящей палетки в качестве основы послужила почвенная карта детального масштаба. Экспериментальный участок площадью 50 га расположен в 15 км к северо-западу от поселка Кочубей Тарумовского района республики Дагестан ($С44.436933^\circ$, $В46.430150^\circ$) и является наиболее типичным для Терско-Кумской низменности, занимающей центральную часть Северо-Западного Прикаспия.

Почвенный покров низменности, находясь в условиях сухостепной зоны, периодически испытывает усиление или ослабление лугового режима в соответствии с динамикой уровня Каспийского моря, что влияет на химический состав почвенных профилей через подпор грунтовых вод. Почвы в основном все засолены, слабогумусированы, имеют щелочную реакцию. Почвенной съемкой масштаба 1:1000 были охвачены 23,76 га, в настоящей работе представлены 10,3 га почвенной карты (рис. 1). Съемка велась согласно Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям... [5]. Названия почв даны по Классификации и диагностике почв СССР [4]. В качестве носителя информации о динамике почвенного покрова было использовано содержание легкорастворимых солей в толщах почв, средневзвешенное значение которых рассчитывалось по Е.А. Дмитриеву [3].

Состав почвенного покрова тестового участка представлен светло-каштановыми почвами на речных переувлажненных отложениях мезоповышений, луговыми засоленными почвами на аллювиально-морских отложениях, солонцами-солончаками, солончаками луговыми.

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения площади палетки были измерены площади всех элементарных почвенных ареалов (ЭПА), удовлетворяющих следующим условиям: полная представленность на карте, форма ареалов по В.М. Фридланду [6] округлая или вытянутая с последующей выбраковкой сомнительных значений по критерию τ , в данном случае ЭПА VII ($\tau_{\text{факт.}} = 0,629 > \tau_{\text{max}0,05} = 0,554$), определены диапазон варьирования площади палетки (ДВ) и стандартное отклонение (σ). ДВ составил от $3,79 \text{ см}^2$, соответствующий площади минимального ЭПА (S_{min}) до $13,97 \text{ см}^2$ (S_{max}) – средней площади всех ареалов, $\sigma = 9,39 \text{ см}^2$. С учетом σ ДВ сужается до $4,58\text{--}13,18 \text{ см}^2$. Оптимальная площадь палетки (S) для заданных условий масштаба и содержания карты была определена центральной позицией в диапазоне варьирования (ДВ): $S = 1/2(S_{\text{max}} + S_{\text{min}}) = 8,88 \text{ см}^2$ с соот-

ветствующим радиусом скользящего кружка $r = 1,68$ см.

Можно сказать, что диапазон варьирования площади палетки находится в пределах от S_{\min} до S_{\max} , достаточного для сохранения истинности содержания карты в заданном масштабе. Последующее увеличение площади палетки генерализует карту, содержание карты автоматически преобразуется в более мелкий масштаб. Форма палетки была выбрана круглая, т.к. при изменении угла поворота палетки значение остается неизменным. Сеть контрольных точек соринтирована с юга на север.

Значения сети контрольных точек (C_j) вычислялись исходя из средневзвешенных значений плотных остатков водных вытяжек:

$$C_j(x, y) = 1/N_* \sum J_n,$$

где C_j ($J = 1, 2, 3, \dots$) – средневзвешенное значение плотного остатка в контрольной точке для j -х почвенных контуров в 0,5 м толще (%); x, y – координаты центра круговой палетки; n – число точек палетки, попавших в j -е контуры почв;

N_* – общее число точек палетки.

Определение средневзвешенного содержания легкорастворимых солей (%) в полуметровой толще почв проводилось по Е.А. Дмитриеву [3]:

$$J = 1/H_* (\sum S_{Sal} h),$$

где J – средневзвешенное содержание солей в 0,5-метровой толще почв (%);

S_{Sal} ($S_{Sal} = 1, 2, 3, \dots$) – плотный остаток (%), в почвенном генетическом горизонте;

h – абсолютная величина генетического горизонта (см);

H_* – толщина всего почвенного профиля (здесь 0,5 м).

Картограммы фактического суммарного содержания солей в полуметровой толще почв послужили основой к составлению сглаженных полей засоления. Полевое обоснование к сглаженным картам засоленности идентично полевому обоснованию традиционных картограмм засоленности. Соответствие количества солей и глубины залегания морфологически видимых солей проверялось дополнительными прикопками.

Для отражения непрерывного распределения количественно выраженного содержания солей в ПП на участке в камеральный период были проведены изолинии одинакового содержания солей (%): 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 2,0 в соответствии с показателями плотных остатков для определения степени засоления в сокращенных водных вытяжках почв сульфатно-хлоридного и хлоридно-

сульфатного типов засоления [4]. Изолинии одинакового содержания солей были проведены путем интерполирования средних значений сети контрольных точек, покрывших участок (рис. 1, 2).

Расстояние между контрольными точками соответствует радиусу кружка, что обеспечивает при каждом новом наложении центра круговой точечной палетки на контрольную точку результат с перекрытием.

Степень сгущения изолиний позволяет судить о характере переходности границ. Единичные разреженные изолинии отражают ясный, постепенный характер переходности границ почв по засолению, частая пачка изолиний – резкий характер переходности границ. В отличие от традиционных карт в сглаженных картах засоления наведение границ унифицируется.

Для определения точки начала было использовано понятие узлов в ПП, введенное В.М. Фридландом [6], образуемых тремя и более почвенными телами. Наличие подобных узлов и близких с ними по значению пучков границ определяют области с наименьшим влиянием на основной фактор дифференциации ПП других факторов и характеризуются высокими градиентами последних. На почвенной карте тестового полигона были выявлены четыре таких узла: три узла, сочетающих по три типа почв, и один узел, сочетающий три типа почв, из которых один тип имел два вида засоления: солончак луговой, солонец-солончак, оба очень сильно засоленные, светло-каштановые слабозасоленные и светло-каштановые средnezасоленные почвы. Последний четвертый узел, как наиболее стабильная область в отношении внешних факторов, был определен для точки начала.

Разновременные карты засоления дают возможность получения карт динамики засоления ПП путем вычитания исходного поля засоления из последующего.

В течение четырех лет (1989–1992 гг.) на тестовом участке проводился эксперимент по влиянию антропогенного фактора в виде выпаса мелкого рогатого скота на ПП: в режиме интенсивного выпаса (В – 4 овцы/га), и без выпаса (БВ). Режим без выпаса также рассматривается в качестве антропогенного фактора, т.к. полная изоляция ПП в природе маловероятна. В ходе исследования было необходимо отразить реакцию почвенного покрова на перевыпас в зависимости от ранее проводимых режимов пастбищного использования. В конце эксперимента осенью 1992 г. ограждения были сняты и весь участок был подвержен кратковременному перевыпасу в 7–8 овец/га.

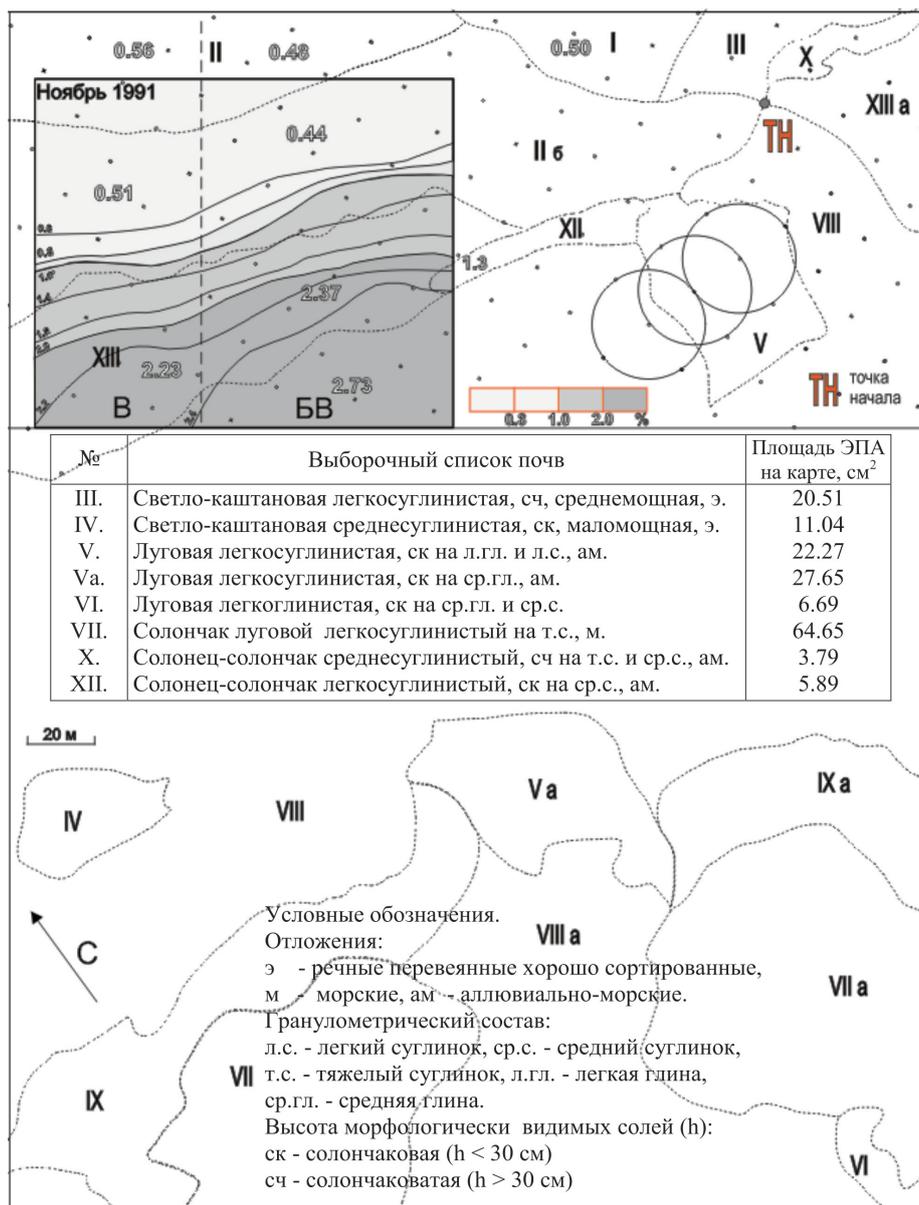


Рис. 1. Почвенный покров и поле засоления фрагмента тестового участка в осенний период в режимах выпаса (В) и без выпаса (БВ)

Вычитание исходного поля засоления из последующего дало остаточную поверхность (рис. 3), из которой следует, что антропогенный прессинг был максимальным на участке с ранее проводимым режимом выпаса (В).

В связи с увеличением осадков от 1991 г. к 1992 г. от 129 мм до 168 мм в летне-осенний период произошло частичное рассоление почвенного покрова обоих участков за счет уменьшения солей в профилях гидроморфных солонцов-солончаков в режиме выпаса и солончаков в режиме

без выпаса, содержание солей на автоморфных светло-каштановых почвах в обоих режимах повысилось. Предварительные режимы использования сказались на более высокой степени выраженности процессов засоления-рассоления на выпасаемом ранее участке В по сравнению с режимом БВ. Режим БВ обеспечил некоторую инерцию поля засоления, и основная площадь этого участка пришлось на нулевую остаточную поверхность: значения разницы контрольной сети точек $\leq \pm 0,4\%$ плотного остатка в полуметровой толще почвенного покрова.

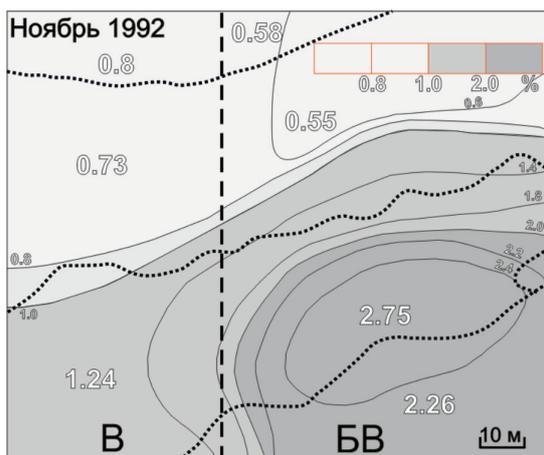


Рис. 2. Поле засоления ПП тестового участка через год после снятия режимов использования

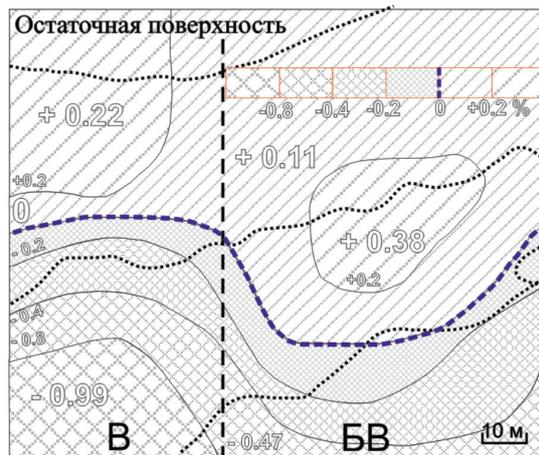


Рис. 3. Годичная динамика поля засоления

Заключение

Разновременные преобразованные картограммы засоления в отличие от традиционных картограмм засоления учитывают малейшие изменения почвенного покрова, профили почв которого содержат легкорастворимые соли. Наличие постоянной сети контрольных точек дает возможность мониторинга динамики солей в переходных областях почвенного покрова, а также дифференцирования антропогенного прессинга. Степень сгущения изолиний позволяет судить о характере переходности границ – чем ближе и чаще изолинии, тем резче характер переходных границ.

Определение диапазона варьирования площади фильтрующей палетки позволяет сохранить истинность содержания почвенной карты для заданного масштаба, установить максимальный предел, за которым начинается генерализация содержания карты.

Список литературы

1. Гасанова З.У., Абдурашидова П.А., Желновакова В.А., Исламгереева З.А. Почвы аридных регионов разновременных режимов заповедования / Гасанова З.У. // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2013. – № 48. – С. 38–44.

2. Гасанова З.У. Параметры скользящей ячейки для изучения засоления почвенного покрова / Гасанова З.У. // Роль почв в биосфере и жизни человека. – М.: ООО «МАКС ПРЕСС», 2015. – С. 161–162.

3. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении / Дмитриев Е.А. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – С. 61–62.

4. Классификация и диагностика почв СССР / сост. Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н. и др. – М.: Колос, 1977. – 223 с.

5. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования / ред. Ищенко Т.А. – М.: Колос, – 95 с.

6. Фридланд В.М. Проблемы географии, генезиса и классификации почв / Фридланд В.М. – М.: Наука, 1986. – 243 с.

7. Червяков В.А. Концепция поля в современной картографии / Червяков В.А. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1978. – 149 с.

8. Carre F., McBratney A.B., Mayr Th., Montanarella L. Digital Soil assessments: Beyond DSM / Carre F. // Geoderma. – 2007. – Vol. 142. – ISSueS 1–2. – P. 69–79.

9. Chaney N.W., Wood E.F., McBratney A.B., Hempel J.W., Nauman T.W., Brungard C.W., Odgers N.P. POLARIS: A 30-meter probabilistic Soil Series map of the contiguous United States / Chaney N.W. // Geoderma. – 2016. – Vol. 274. – P. 54–67.

10. Kidd D., Brendan M., McBratney A., MinaSny B., Webb M. Operational Sampling challenges to digital soil mapping in Tasmania, Australia / Kidd D. // Geoderma Regional. – 2015. – Vol. 4. – P. 1–10.

11. Fortin M.-J. Effects of data types on vegetation boundary delineation / Fortin M.-J. // J. For. Res. – 1997. – Vol. 27. – P. 1851–1858.

12. Hengl T. Finding the right pixel Size / Hengl T. // Computers and geosciences. – Vol. 32. – 2006. – P. 1283–1298.

13. Hengl T., Nikolic M., MacMillana R.A. Mapping efficiency and information content / Hengl T. // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2013. – Vol. 22. – P. 127–138.